



引文格式: 刘坤鹏, 刘凯鹏, 王晓鹏, 等. 鄂尔多斯盆地南部建庄地区直罗组铀矿化定位研究[J]. 西北地质, 2024, 57(1): 230-238. DOI: 10.12401/j.nwg.2023015

Citation: LIU Kunpeng, LIU Kaipeng, WANG Xiaopeng, et al. Study on Uranium Mineralization Location of Zhiluo Formation in Jianzhuang Area, Southern Ordos Basin[J]. Northwestern Geology, 2024, 57(1): 230-238. DOI: 10.12401/j.nwg.2023015

鄂尔多斯盆地南部建庄地区直罗组铀矿化定位研究

刘坤鹏, 刘凯鹏, 王晓鹏, 李卫, 龚斌利, 韩迪

(核工业二〇三研究所, 陕西 西安 710086)

摘要: 笔者总结建庄地区目的层直罗组构造、沉积相、氧化带及伽玛异常展布特征, 建立“三过渡”铀矿定位模式, 指导了建庄地区铀矿找矿工作, 指出“三过渡”复合区规模是影响工业矿体连续性的主要因素, 对铀矿找矿和综合研究具有很好的借鉴意义。

关键词: 建庄地区; 直罗组; 辫状河; 铀矿化定位

中图分类号: P619.14

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2024)01-0230-09

Study on Uranium Mineralization Location of Zhiluo Formation in Jianzhuang Area, Southern Ordos Basin

LIU Kunpeng, LIU Kaipeng, WANG Xiaopeng, LI Wei, GONG Binli, HAN Di

(203 Research Institute of Nuclear Industry, Xi'an 710086, Shaanxi, China)

Abstract: The author summarized the characteristics of Zhiluo Formation structure, sedimentary facies, oxidation zone and gamma anomaly distribution of the target layer in Jianzhuang area, established the "three-transition" uranium ore positioning model, and directed the uranium ore prospecting work in Jianzhuang area. It is pointed out that the scale of the "three-transition" composite area is the main factor affecting the continuity of industrial ore body, which has a good reference significance for uranium ore prospecting and comprehensive research.

Keywords: Jianzhuang area; Zhiluo formation; braided river; uranium mineralization location

鄂尔多斯盆地具有丰富的铀矿资源(朱强等, 2022; 张云等, 2022)。20 世纪 50 至 80 年代, 核工业系统在盆地东北部、西缘、西南缘、东南缘发现 5 个找矿远景区。2000 年以来, 铀矿找矿工作蓬勃发展, 核工业 208

大队在盆地北部发现皂火壕特大型、纳岭沟特大型、柴登壕大型、大营超大型、巴音青格利大型铀矿床; 核工业 203 研究所、核工业地质研究院、中陕核核工业地质调查院、中陕核二一一大队、中国地质调查局天

收稿日期: 2022-03-06; 修回日期: 2023-08-25; 责任编辑: 曹佰迪

基金项目: 中国核工业地质局项目“鄂尔多斯盆地南部构造特征与砂岩型铀矿成矿作用关系”(201902-7), “鄂尔多斯盆地富县-甘泉地区砂岩型铀矿资源调查评价”(201828-1), “鄂尔多斯盆地旬邑-宜君地区铀矿资源调查评价”(201913-4), “鄂尔多斯盆地南部砂岩型铀矿综合编图与远景预测”(201828-2), “鄂尔多斯盆地镇原-盐池地区铀矿资源调查评价”(202115-2)联合资助。

作者简介: 刘坤鹏(1986-), 男, 硕士, 从事铀矿地质勘查工作。E-mail: liukunpeng163@126.com。

津地质调查中心、西北大学、中国地质大学(武汉)在盆地南部开展了一系列铀矿勘查和科研工作(邢秀娟, 2006; 文思博等, 2023), 店头小型铀矿床扩大至中型规模(胡俊华, 2017, 2019), 彬州发现高平米铀量工业矿体。前人对盆地南部基础地质、控矿因素进行总结: 铀矿化与直罗组沉积古地貌关系密切(贺锋, 2017); 直罗组下段辫状河主河道相或第三沉积旋回对铀矿有重要的控制作用(彭小华, 2018; 彭胜龙等, 2023); 区域上受 NEE 向氧化-还原过渡带宏观控制(陈宏斌, 2006; 曹惠锋, 2018), 垂向分带明显。煤田资料二次开发对铀矿选区有重要指示意义(王军礼, 2018), 黄陇侏罗纪煤田存在至少 8 片天然伽玛异常区(杨帆, 2019), 彬州-店头一带铀矿化分布广泛, 具有较大的成矿潜力。杨合群等(2023)对该盆地铀矿成矿作用进行总结: 白垩纪—新近纪期间富氧溶液作用对中侏罗统、下白垩统砂岩淋滤下渗再沉淀形成内蒙鄂尔多斯市东胜铀矿田、陕西黄陵县双龙、店头铀矿床以及内蒙鄂托克旗红井铀矿点。白垩纪—新近纪期间富氧溶液作用对下白垩统砂岩淋滤下渗再沉淀形成内蒙鄂托克旗红井铀矿床。目前, 在建庄隆起北侧发现店头铀矿、双龙铀矿和一批铀矿点, 但同样面临工业矿体连续性差、富集规律复杂的问题(贺锋, 2017), 铀矿找矿成果进展未能持续扩大。近些年, 煤田、油田系统在黄陇侏罗纪煤田开展新一轮

勘查工作, 对构造沉积演化有进一步认识, 以与店头矿区相邻的建庄地区为研究对象, 开展综合研究与编图, 将构造、目的层沉积相、后生氧化展布有机结合, 总结铀矿化定位规律, 为铀矿勘查提供找矿新思路。

1 研究区概况

研究区位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡和渭北隆起两个二级构造单元过渡部位(图 1)(苏中堂等, 2022; 唐玮玮等, 2022)。

1.1 构造

晚三叠世受 NNE-SSW 构造应力挤压、剪切作用下(马晓军, 2019; 王国强, 2022), 发育 NWW 向古隆起(建庄古隆起)和断裂(建庄 SN 断裂), 大华北盆地全区抬升剥蚀, 形成起伏不平、相间分布的高地、河谷(贺丹, 2011)。富县期在此构造基底上沉积, 基本保持背向斜相间分布的古地貌, 延安组、直罗组继承性填平补齐(郭正权等, 2008), 延安组、直罗组在富县组沉积基础上呈超覆式加积(赵俊兴, 2007), 沉积厚度、岩相分带、煤层特征均有所体现(王双明, 2017), 煤田系统精细刻划为 I~IV 级控煤构造(赵德政, 1987; 贺丹, 2011; 史利燕, 2013)。此次研究收集整理区内煤田钻孔资料, 编制直罗组顶底板及延安组 4-2

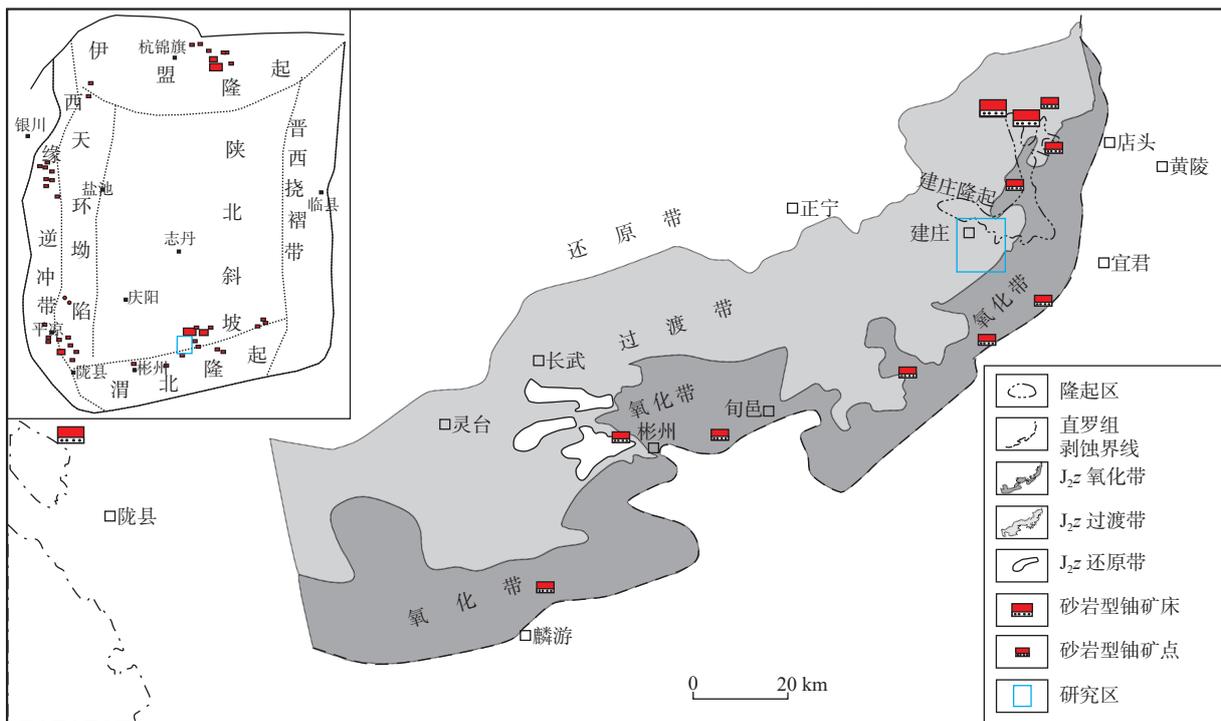


图 1 研究区构造简图

Fig. 1 Structural sketch of the study area

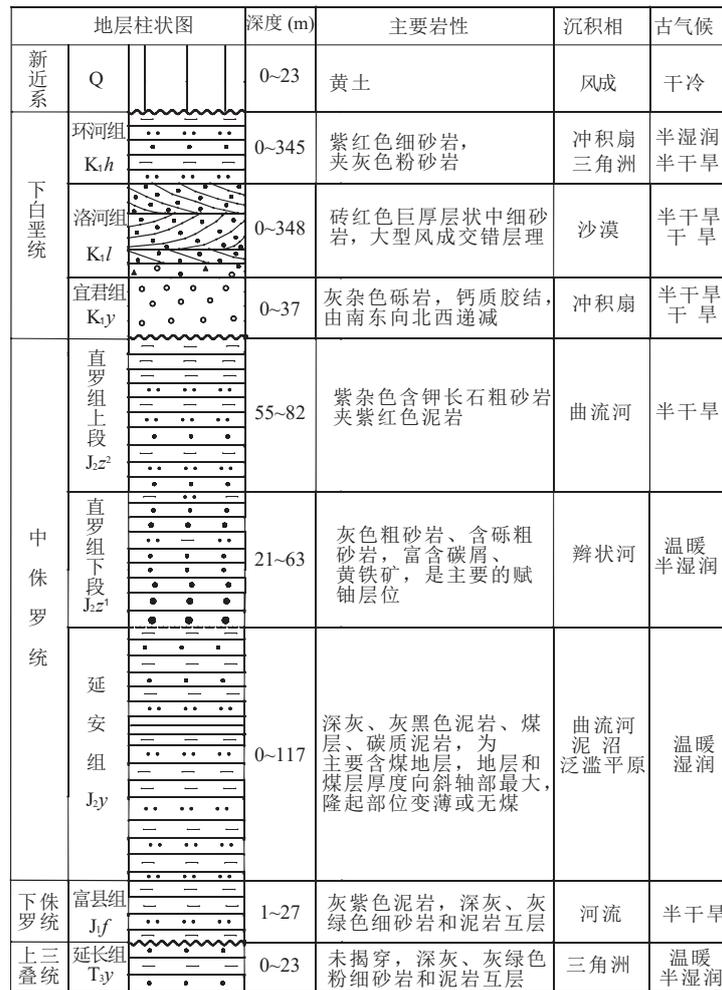


图3 地层综合柱状图

Fig. 3 Comprehensive stratigraphic histogram

2 目的层沉积相、砂体及氧化-还原过渡带特征

2.1 沉积相

直罗组上段主要为曲流河沉积体系, 为砂坝和泛滥平原沉积, “二元”结构明显(图4), 岩性为厚层状泥岩、粉砂岩, 作为区域隔水层。

直罗组下段主要为辫状河, 由2~3个正韵律层组成, 岩性主要为中粗砂岩、砂质砾岩, 含碳屑、粒状黄铁矿等, 为河道滞留沉积和心滩沉积, 发育冲刷构造、槽状、板状交错层理, 砂地比为0.70~0.97, 砂体厚40~62 m(图5), 与延安期主河道表现出继承性迁移的特点, 与南部秦岭物源供给一致(雷开宇, 2017)。其余为泛滥平原, 水平层理、小型板状交错层理为主, 砂地比为0.29~0.50, 砂体厚为17~40 m。

2.2 主砂体展布

直罗组下段砂体厚度为30~55 m, 最厚达62 m, 主砂体(厚度≥40 m)展布受沉积相控制, 主河道由南西、正南、南东向北西汇聚呈辫状分布, 宽度为2~3 km, 区内延伸长12~15 km。

主砂体受沉积期古地貌控制明显, 位于建庄古隆起、窑上背斜、狼牙沟背斜砂岩粒度略粗, 沉积厚度小, 建庄向斜、瞭望台向斜轴部为局部汇水区, 岩性粒度变细, 泥岩、粉砂岩厚度增大。

2.3 氧化-还原过渡带特征

受燕山运动影响, 晚白垩世渭北隆起由SE向盆内抬升或掀斜, 中侏罗统直罗组发育大规模层间氧化作用, 沿彬州-店头一带发育北东向氧化-还原过渡带, 宽度为5~25 km(图1)(胡俊华, 2019)。直罗组下段主砂体岩性地球化学具有垂向分带特征, 上部砂岩以氧化为主, 呈紫红色、灰紫色, 发育褐铁矿化、赤铁矿

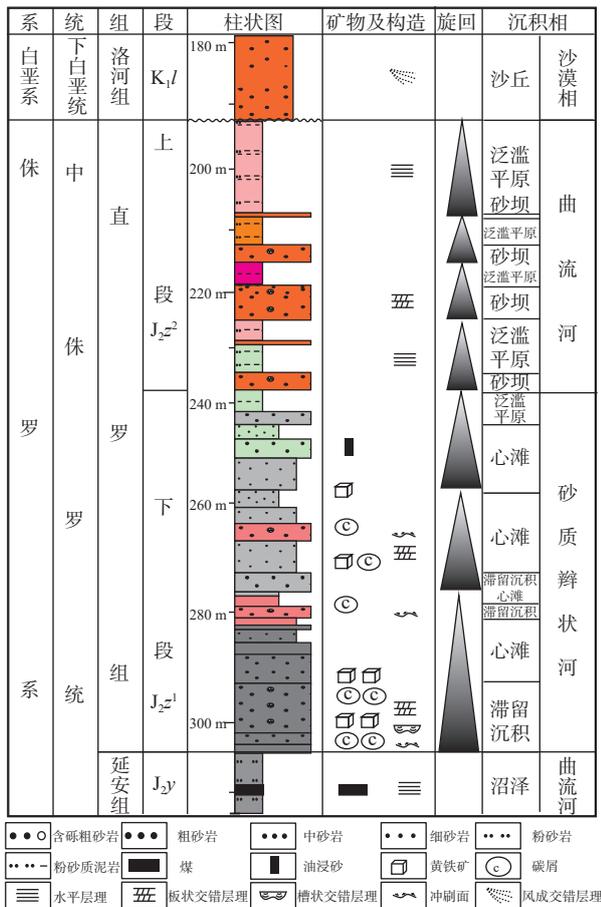


图4 直罗组单井相图

Fig. 4 Single well phase diagram of Zhiluo Formation

化, 厚度为 1~24 m, 下部砂岩以还原为主, 呈灰色、灰白色, 富含黄铁矿、碳屑等。

氧化砂岩受构造和沉积相控制: 古隆起和背斜核部氧化砂岩厚度大, 向洼陷部位厚度变薄; 氧化砂岩厚度与沉积相有相关性, 主河道氧化砂岩厚度大, 一般为 10~24 m, 泛滥平原氧化砂岩厚度变薄, 一般为 1~8 m, 表明主河道砂体连通性要好于泛滥平原相。根据目的层岩性地球化学特征, 针对直罗组下段主砂体顶部、中部、底部预测了 A、B、C 等 3 条层间氧化带前锋线, 大致呈 NEE 向展布, 受岩性岩相控制, 局部呈蛇曲状。

3 铀矿化定位研究

3.1 天然伽玛异常特征

统计煤田孔天然伽玛测井资料, 直罗组下段(J₂z¹)粗砂岩天然伽玛背景值为 8~20 γ, 粉砂岩伽玛值为 10~30 γ, 直罗组下段(J₂z¹)砂岩发育 3 条 NEE 向异常

带, 分别受 A、B、C 等 3 条氧化带前锋线控制。其中, A 异常带断续延伸长达 11 km, 产在直罗组下段(J₂z¹)顶部砂岩, 由 a1、a2、a3、a4 和 a5 异常晕组成, 单个异常晕面积为 0.8~2.5 km², 连续性好, 极值一般 20~512 γ, 厚度一般为 2~5 m; B 异常带延伸长达 9 km, 由 b1 和 b2 异常晕组成, 产在直罗组下段(J₂z¹)中部砂岩, 单个异常晕面积为 2.0~3.0 km², 连续性好, 极值一般为 150~500 γ, 厚度一般为 3~8 m, 具有多峰的特点; C 异常带由 c1、c2 和 c3 异常晕组成, 产在直罗组下段(J₂z¹)底部砂岩, 单个异常晕面积为 0.5~1 km², 连续性差, 极值一般为 60~190 γ, 厚度一般不大于 1 m。自 C 异常带向 A 异常带天然伽玛值有增高趋势, 由南东向北西迁移, 与区域氧化改造方向一致。

3.2 铀矿化定位

伽玛异常分布与构造、沉积相、层间氧化带有关(图 6)。异常大多分布在次一级背斜轴部两侧, 位于背斜和向斜之间的构造斜坡带上, 如 a1、a2、b1 和 b2 异常晕位于狼牙沟背斜的两侧, a3 与 a5 异常晕位于老林沟背斜的两侧, 并且与断裂交互部位异常强度大, 厚度大。这是因为构造与含氧含铀水的渗入、矿化元素富集关系极为密切, 构造复合部位往往地下水水动力、地球化学环境发生变异的部位, 有利与铀元素富集沉淀。

伽玛异常分布在辫状河主河道展布关系密切, 大多异常分布于主河道边缘或心滩部位, a1、a2 和 b2 异常晕位于河道两侧, a3、a4 和 a5 异常晕位于主河道边缘, 与泛滥平原相过渡部位或心滩相。一般说来主河道水动力过强, 泥质胶结物含量低, 一般含碳化植物茎秆和自形-半自形粗粒黄铁矿或结核; 相过渡部位或心滩相, 砂岩中泥质胶结物含量高或夹薄层状泥岩, 炭屑和黄铁矿含量高, 碳屑呈丝状、碎片状, 黄铁矿呈细粒状、浸染状, 围绕碳屑边缘分布, 还原吸附能力较主河道更强, 对铀成矿更为有利。

伽玛异常分布整体位于氧化-还原过渡带内, 局部定位在氧化砂岩厚度变异部位, 主河道内氧化砂岩厚度在 15 m 对成矿有利, 泛滥平原相内氧化砂岩厚度在 6~10 m 较为有利, 总体产在层间氧化带前锋部位及靠近氧化一侧, b1 与 b2 异常晕几乎分布在 NEE 向层间氧化带前锋部位, A 异常带总体分布在层间氧化带前锋及氧化一侧。

根据异常分布与构造(褶皱、断裂)、沉积相、氧化带展布密切关系, 笔者建立了“三过渡”定位模式。

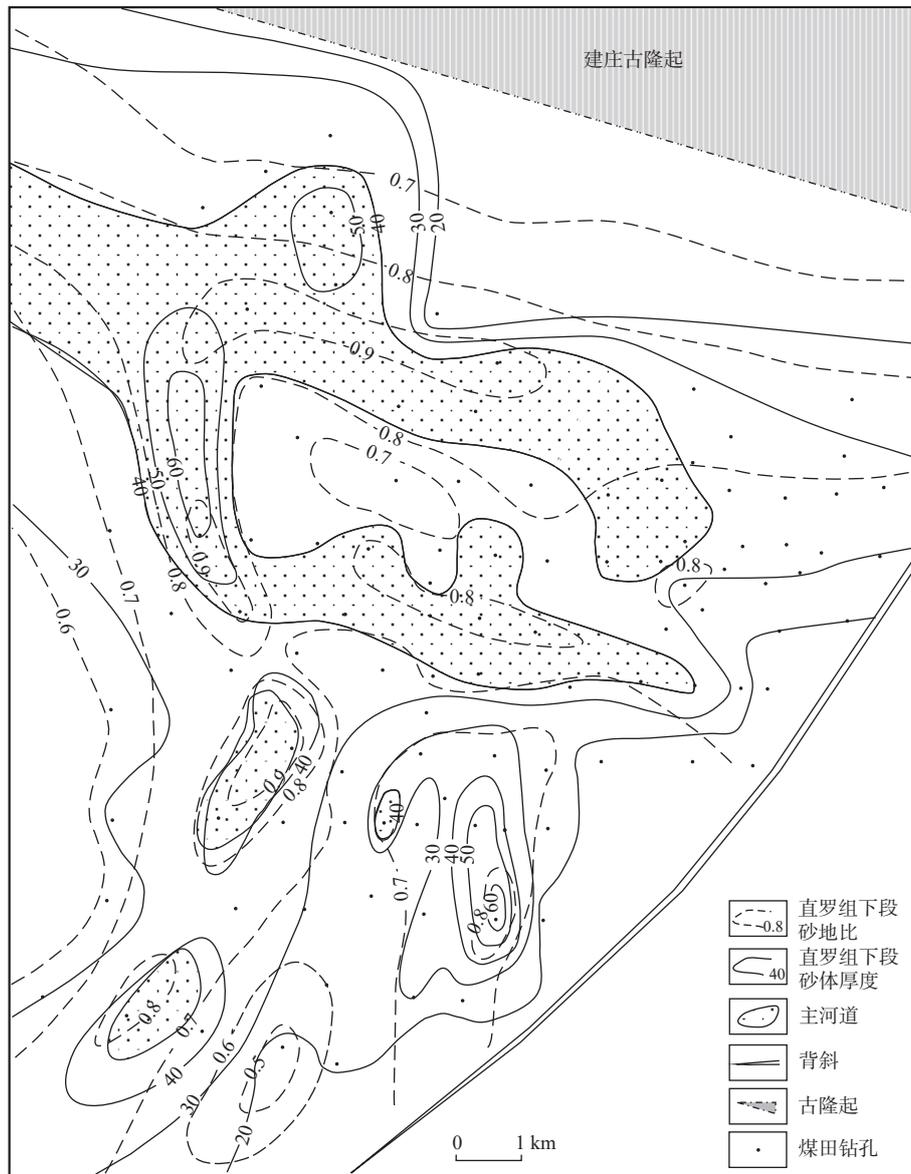


图5 直罗组下段沉积相图

Fig. 5 Sedimentary facies map of lower Zhiluo Formation

在筛选异常区或找矿靶区时,应厘清区内褶皱、断裂展布特征,一方面构造奠定目的层展布特征,另一方面对氧化带和水中铀的富集影响极大,背斜、向斜之间斜坡带与活动性断裂过渡部位往往是成矿最集中的部位;寻找辫状河主河道与泛滥平原过渡部位或心滩部位,不仅具有有利的泥-砂-泥结构,而且富含丝状、碎片状碳屑、有机质等,还原条件有利;在氧化-还原过渡带内选择氧化砂岩厚度 6~15 m 的区域,在氧化带前锋及氧化一侧,是成矿最有利的部位;综合构造、沉积相、氧化带有利区复合部位,对煤田伽玛异常进行优选排序,递进式精准定位伽玛异常,可将

目标范围从原来的 10~100 km², 缩小至 1~2 km²。2019 年,核工业 203 所优选直罗组下段 a3、b1 和 b2 异常,首孔对 a3 探索发现工业矿体,填补建庄地区铀矿勘查的空白。

鉴于盆地南部构造、主河道、氧化带的发育规模,大多“三过渡”复合区连续性差,也是已发现的矿体连续性差的主要原因,而双龙铀矿处于建庄古隆起北翼、NEE 向主河道、厚大氧化带复合部位规模大,面积达 300 km², 矿化带长度达 4.5~7.0 km, 并且连续性好。“三过渡”模式大大提升找矿效率和成果,对铀矿找矿和综合研究具有很好的借鉴意义。

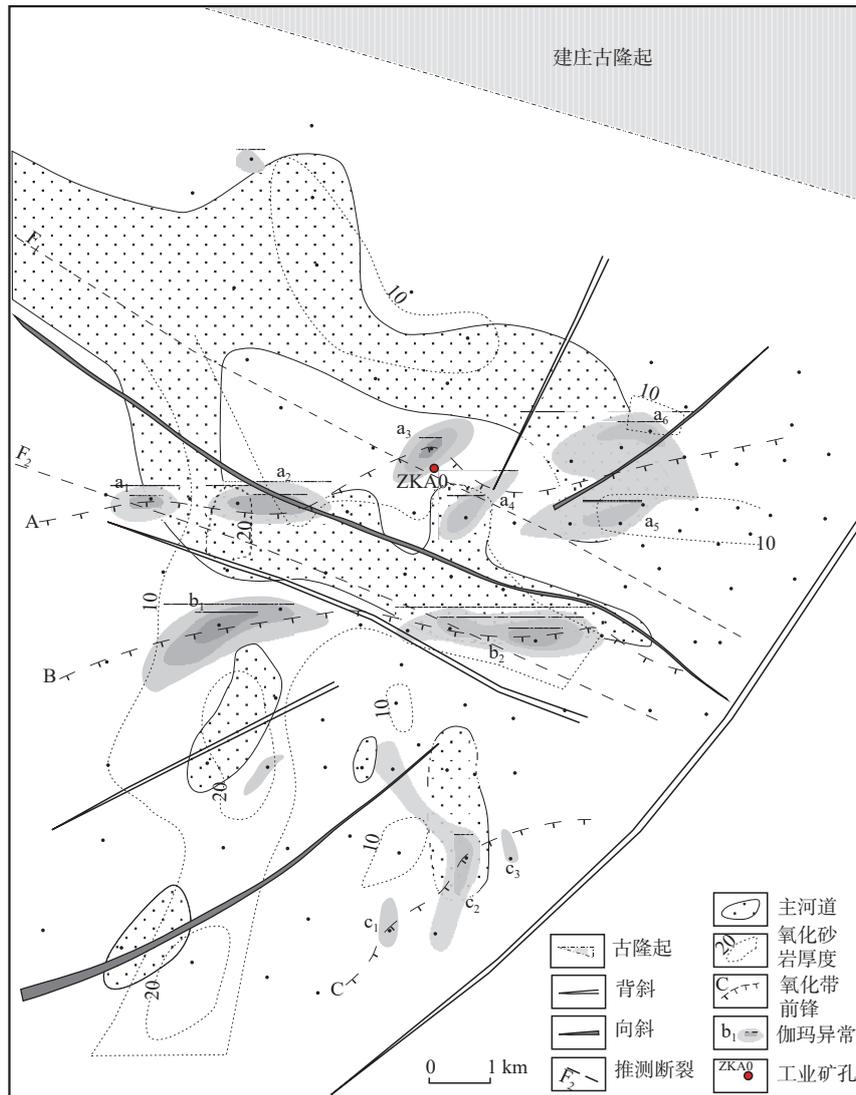


图6 直罗组下段铀矿化定位预测图

Fig. 6 Uranium location prediction map of lower Zhiluo Formation

4 结论

(1) 建庄地区 NE、NWW 向背斜和向斜构造, 为侏罗纪前构造, 燕山期继承性发展, 控制中下侏罗统富县组、延安组、直罗组沉积特征, 也对氧化带和铀的沉淀富集影响很大。

(2) 建庄地区直罗组下段辫状河主河道大致由南向北, 辫状河河道与泛滥平原相过渡部位或心滩相, 砂体厚度 30~40 m 对铀成矿最为有利。

(3) 建庄地区古隆起、背斜以及主河道部位氧化砂岩厚, 一般为 10~24 m, 向斜、泛滥平原相部位厚度 1~8 m。氧化砂岩厚度变异部位(如主河道内约 15 m

或泛滥平原相内氧化砂岩厚度 6~10 m)对铀成矿有利, 层间氧化带前锋及氧化一侧常为铀矿赋存部位。

(4) “三过渡”定位模式综合构造、沉积相、氧化带有利区复合部位, 递进式精准定位伽玛异常, 缩小目标靶区, 指导建庄地区铀矿找矿工作, 大大提升找矿效率和成果; 三过渡复合区规模是矿体连续性好或差的主要原因, 对铀矿找矿和综合研究具有很好的借鉴意义。

参考文献(References):

- 曹惠锋, 刘厚宁, 杜鹏, 等. 鄂尔多斯盆地南缘双龙铀矿床地质特征及铀矿物类型探析[J]. 地质科技情报, 2018, 37(5): 148-153.

- CAO Huifeng, LIU Houning, DU Peng, et al. Characteristics of Shuanglong Uranium Deposit and the Types of Uranium Mineral in the Southern Margin of Ordos Basin[J]. *Geological Science and Technology Information*, 2018, 37(5): 148–153.
- 陈宏斌, 徐高中, 王金平, 等. 鄂尔多斯盆地南缘店头铀矿床矿化特征及其与东胜铀矿床对比[J]. *地质学报*, 2006, 80(5): 724–732+786.
- CHEN Hongbin, XU Gaozhong, WANG Jinping, et al. Mineralization Characteristics of Diantou Uranium Deposit in the southern Margin of Ordos and in comparison with Dongsheng Uranium Deposit[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(5): 724–732+786.
- 郭正权, 张立荣, 楚美娟, 等. 鄂尔多斯盆地南部前侏罗纪古地貌对延安组下部油藏的控制作用[J]. *古地理学报*, 2008, 10(1): 63–72.
- GUO Zhengquan, ZHANG Lirong, CHU Meijuan, et al. Pre-Jurassic Palaeogeomorphic Control on the Hydrocarbon Accumulation in the LowerYan'an Formation in southern Ordos Basin[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2008, 10(1): 63–72.
- 贺丹, 李智学. 黄陇侏罗纪煤田控煤构造研究[J]. *中国煤炭地质*, 2011, 23(10): 14–18.
- HE Dan, LI Zhixue. A Study on Coal-control Structure in Huangling-Longxian Jurassic Coalfield[J]. *Coal Geology of China*, 2011, 23(10): 14–18.
- 贺锋, 张字龙. 鄂尔多斯盆地南部彬州地区侏罗系直罗组古地貌及其对铀成矿的影响[J]. *古地理学报*, 2017, 19(4): 692–702.
- HE Feng, ZHANG Zilong. Palaeogeomorphic restoring of the Jurassic Zhiluo Formation and its Effect on uranium mineralization in Bin Xian area, southern Ordos Basin[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2017, 19(4): 692–702.
- 胡俊华, 鄂尔多斯盆地南部双龙-彬县地区砂岩型铀矿成矿条件分析[D]. 西安: 长安大学, 2019: 27–53.
- HU Junhua. Metallogenic Conditions of Sandstone-Type Uranium Deposit in Shuanglong-Binxian Area in Southern Ordos Basin[D]. Xi'an: Chang'an University, 2019: 27–53.
- 胡俊华, 郭科锋. 鄂尔多斯盆地南缘砂岩型铀矿找矿潜力分析[J]. *铀矿地质*, 2017, 33(3): 137–143.
- HU Junhua, GUO Kefeng. Prospecting Potential Analysis of Sandstone-type Uranium Deposit in the Southern Margin of Ordos Basin[J]. *Uranium Geology*, 2017, 33(3): 137–143.
- 雷开宇, 刘池阳, 张龙. 鄂尔多斯盆地南部中侏罗统直罗组沉积物源: 来自古流向与碎屑锆石 U-Pb 年代学的证据[J]. *地质前缘*, 2017, 24(6): 254–276.
- LEI Kaiyu, LIU Chiyang, ZHANG Long. Sedimentary Provenance of Zhiluo Formation of the Middle Jurassic in the southern Ordos Basin: Evidence from Palaeocurrent direction and U-Pb Geochronology of detrital Zircons[J]. *Earth Science Frontiers*, 2017, 24(6): 254–276.
- 梁少剑, 焦坪矿区煤层气资源特征[D]. 西安: 西安科技大学, 2015: 20–24.
- LIANG Shaojian. The Resources Characteristics of the Coalbed Methane of JiaoPing Mining Area[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2015: 20–24.
- 马晓军, 梁积伟, 李建星, 等. 鄂尔多斯盆地中西部中生代构造抬升及演化[J]. *西北地质*, 2019, 52(4): 127–136.
- MA Xiaojun, LIANG Jiwei, LI Jianxing, et al. Meso-cenozoic Ectonic Uplift and Evolution of Central and Western Ordos Basin[J]. *Northwestern Geology*, 2019, 52(4): 127–136.
- 彭小华. 鄂尔多斯盆地南部双龙地区铀成矿特征分析[J]. *世界核地质科学*, 2018, 35(1): 7–15.
- PENG Xiaohua. Analysis on Uranium Metallogenic Characteristics in Shuanglong Area, southern Ordos Basin[J]. *World Nuclear Geoscience*, 2018, 35(1): 7–15.
- 彭胜龙, 田家鹏, 郭晓宇, 等. 鄂尔多斯盆地塔然高勒地区砂岩型铀矿含矿层砂岩特征及成矿作用[J]. *中国地质*, 2023, 50(1): 264–276.
- PENG Shenglong, TIAN Jiapeng, GUO Xiaoyu, et al. Characteristics and metallogenesis of ore-bearing sandstone in the Tarangaole sandstone type uranium deposit, Ordos Basin[J]. *Geology in China*, 2023, 50(1): 264–276.
- 史利燕. 鄂尔多斯盆地南缘地质构造对瓦斯的控制作用[D]. 西安: 西安科技大学, 2013: 20–22.
- SHI Liyan. Control of Geological Structure on Gas of the Southern Margin of Ordos Basin[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2013: 20–22.
- 苏中堂, 胡孙龙, 刘国庆, 等. 鄂尔多斯盆地早古生代构造分异作用对碳酸盐岩沉积与规模性储层发育的控制[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 2022, 49(5): 513–532.
- SU Zhongtang, HU Sunlong, LIU Guoqing, et al. Carbonate deposition and scale reservoir development controlled by tectonic differentiation in early Paleozoic in Ordos Basin, China [J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 2022, 49(5): 513–532.
- 唐玮玮, 吴晓明, 王为林, 等. 鄂尔多斯盆地环县北地区延长组长72亚段重力流特征及油气地质意义[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 2022, 49(5): 561–569+585.
- TANG, Weiwei, WU Xiaoming, WANG Weilin, et al. Gravity flow characteristics and geological significance of oil and gas of the Chang 72 sub-member of the Yanchang Formation in the northern Huanxian area, Ordos Basin, China [J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 2022, 49(5): 561–569+585.
- 王国强, 陈隽璐, 计文化, 等. 西北地区基础地质调查回顾与展望(1962–2022)[J]. *西北地质*, 2022, 55(3): 28–43.
- WANG Guoqiang, CHEN Junlu, JI Wenhua, et al. Regional Geological Survey and Research of Northwest China from 1962 to

- 2022: Review and Prospect[J]. *Northwestern Geology*, 2022, 55(3): 28–43.
- 王军礼, 曹惠锋, 刘厚宁. 煤田勘查资料在双龙地区砂岩型铀矿调查选区中的应用[J]. *中国煤炭地质*, 2018, 30(8): 79–86.
- WANG Junli, CAO Huifeng, LIU Houning. Application of Coalfield Exploration Data on Sandstone Type U-ore Survey Area Optimization in Shuanglong Area[J]. *Coal Geology of China*, 2018, 30(8): 79–86.
- 王双明. 鄂尔多斯盆地叠合演化及构造对成煤作用的控制[J]. *地学前缘*, 2017, 24(2): 54–63.
- WANG Shuangming. Ordos Basin Superposed Evolution and Structural Controls of coal Forming Activities[J]. *Earth Science Frontiers*, 2017, 24(2): 54–63.
- 文思博, 朱强, 程银行. 鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿时代及铀富集时空规律[J]. *华北地质*, 2023, 46(3): 1–11+34.
- WEN Sibao, ZHU Qiang, CHENG Yinhang. Metallogenic epoch of sandstone type uranium deposits in the Ordos basin and the temporal and spatial regularity of uranium enrichment[J]. *North China Geology*, 2023, 46(3): 1–11+34.
- 邢秀娟, 柳益群, 樊爱萍. 鄂尔多斯盆地店头地区砂岩型铀矿成因初步探讨[J]. *中国地质*, 2006, 33(3): 591–597.
- XING Xiujuan, LIU Yiqun, FAN Aiping. Genesis of Sandstone-type Uranium Deposits: A Case study in the Diantou Area of the Ordos Basin[J]. *Geology in China*, 2006, 33(3): 591–597.
- 杨帆. 黄陇侏罗纪煤田砂岩型铀成矿远景区划及潜力评价[J]. *陕西煤炭*, 2019, 38(2): 28–32.
- YANG Fan. Prospective Zoning and Potential Evaluation of Sandstone-type Uranium Deposits in Huanglong Jurassic Coalfield[J]. *Shanxi Coal*, 2019, 38(2): 28–32.
- 杨合群, 赵国斌, 陈高潮, 等. 鄂尔多斯地区成矿谱系及成矿演化史[J]. *西北地质*, 2023, 56(2): 175–186.
- YANG Hequn, ZHAO Guobin, CHEN Gaochao, et al. Metallogenic Pedigree and Metallogenic Evolution History in Ordos Area, China[J]. *Northwestern Geology*, 2023, 56(2): 175–186.
- 张云, 张天福, 程先钰, 等. 鄂尔多斯盆地东北部侏罗纪含铀岩系三维地质结构与铀成矿规律浅析[J]. *中国地质*, 2022, 49(1): 66–80.
- ZHANG Yun, ZHANG Tianfu, CHENG Xianyu, et al. A brief analysis on the three-dimensional geological structure and uranium mineralization of Jurassic uranium-bearing rock series in the northeastern Ordos Basin [J]. *Geology in China*, 2022, 49(1): 66–80.
- 赵俊兴, 陈洪德. 鄂尔多斯盆地侏罗系层序地层与盆地充填演化耦合关系[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 2007, 34(5): 512–518.
- ZHAO Junxing, CHEN Hongde. The Coupling Relationship Between Sedimentary Sequence Development and Basin Filling Evolution of Jurassic in Ordos Basin[J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 2007, 34(5): 512–518.
- 赵德政, 王英, 信一心. 焦坪矿区的斜向交织构造及其控煤作用[J]. *西安地质学院学报*, 1987, 9(1): 79–92.
- ZHAO Dezheng, WAN Ying, XIN Yixin. Oblique Direction interwoven Structure and its Control on Coal in Jiaoping Coal District[J]. *Journal of Xi'an College of Geology*, 1987, 9(1): 79–92.
- 朱强, 吴越, 文思博, 等. 鄂尔多斯盆地直罗组与洛河组砂岩型铀矿成矿地质特征及对比研究[J]. *华北地质*, 2022, 45(4): 28–37.
- ZHU Qiang, WU Yue, WEN Sibao, et al. Analysis and comparative research on metallogenic geological characteristics of sandstone-type uranium deposits between Zhiluo Formation and Luohe Formation in Ordos basin[J]. *North China Geology*, 2022, 45(4): 28–37.